

Laser irradiation apparatus

Patent Number: ☐ US5959779
Publication date: 1999-09-28
Inventor(s): KUSUMOTO NAOTO (JP); TANAKA KOICHIRO (JP); YAMAZAKI SHUNPEI (JP)
Applicant(s): SEMICONDUCTOR ENERGY LAB (JP)
Requested Patent: JP10244392
Application Number: US19980036005 19980304
Priority Number(s): JP19970065531 19970304
IPC Classification: G02B27/10
EC Classification: B23K26/073B, G02B27/09, G02B3/00A
Equivalents:

Abstract

An apparatus for irradiating an irradiation surface with a laser light having a linear or rectangular shape. A homogenizer operates on the principle that variations in the light intensity profile of an original beam as emitted from a laser device are dispersed by passing the original beam through two multi-cylindrical lenses. The directions of the respective multi-cylindrical lenses are set so as not to be parallel with the beam movement direction. Thus, an uniformity of annealing by irradiating with a laser light is improved.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

1-8436

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-244392

(43) 公開日 平成10年(1998) 9月14日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

B 2 3 K 26/06

26/00

G 0 3 F 7/20

H 0 1 L 21/268

21/027

5 0 5

F I

B 2 3 K 26/06

26/00

G 0 3 F 7/20

H 0 1 L 21/268

21/30

E

E

5 0 5

J

5 2 7

審査請求 未請求 請求項の数 5 F D (全 11 頁)

(21) 出願番号

特願平9-65531

(22) 出願日

平成9年(1997) 3月4日

(71) 出願人 000153878

株式会社半導体エネルギー研究所

神奈川県厚木市長谷398番地

(72) 発明者 山崎 舜平

神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

(72) 発明者 田中 幸一郎

神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

(72) 発明者 楠本 直人

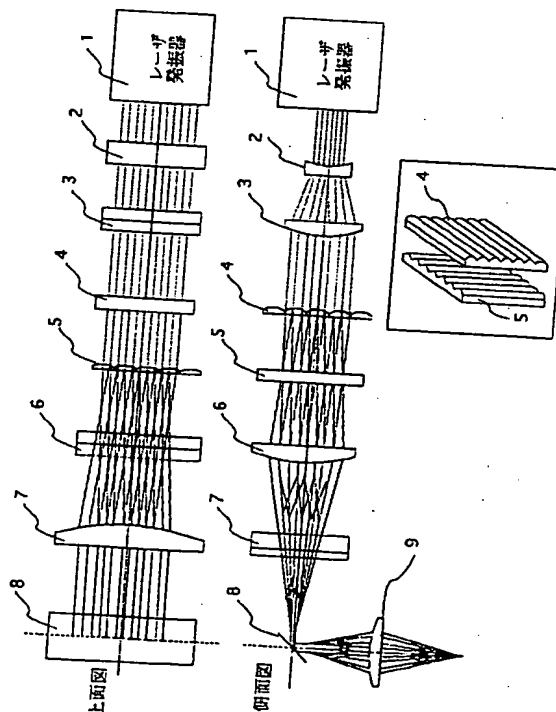
神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

(54) 【発明の名称】 レーザー照射装置

(57) 【要約】

【目的】 レーザー光の照射によるアニールの均一性を向上させる。

【構成】 被照射面に対して線状もしくは方形状のビーム形状を有するレーザー光を照射する装置に関して、レーザー装置より放出された原ビームを2つのシリンドリカルレンズ4、5を通過させることにより、原ビームの光強度の分布の偏りを分散せしめる原理を有するホモジナイザーにおいて、前記シリンドリカルレンズ4、5は、いずれも、その方向が、ビームの移動方向と平行でないことを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 被照射面に対して、線状もしくは方形状のビーム形状を有するレーザー光を照射する装置において、

該装置は、少なくとも 1 つの多シリンドリカルレンズを有するホモジナイザーを有し、

前記多シリンドリカルレンズは、いずれも、ビームの移動方向と平行でないことを特徴とするレーザー照射装置。

【請求項 2】 被照射面に対して、線状のビーム形状を有するレーザー光を照射する装置において、

該装置は、少なくとも 1 つの多シリンドリカルレンズを有するホモジナイザーを有し、

前記多シリンドリカルレンズは、いずれも、線状ビームの長尺方向と垂直でないことを特徴とするレーザー照射装置。

【請求項 3】 請求項 1 もしくは請求項 2 において、レーザー光は、半導体材料のレーザーアニール処理に用いられることを特徴とするレーザー照射装置。

【請求項 4】 請求項 1 もしくは請求項 2 において、レーザー光は、マトリクス状に配置される素子の処理に用いられることを特徴とするレーザー照射装置。

【請求項 5】 請求項 1 もしくは請求項 2 において、多シリンドリカルレンズは少なくとも 2 つ配置されており、前記 2 つの多シリンドリカルレンズの方向は直交して配置されていることを特徴とするレーザー照射装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本明細書で開示する発明は、レーザー光の照射によるアニール処理や露光処理を行う装置に関する。例えば、大面積ビームを照射するレーザーアニール装置において、均一な照射効果が得られるような装置に関する。このようなレーザーアニール装置は、半導体製造工程に使用される。

【0002】

【従来の技術】 従来より、非晶質珪素膜に対するレーザー光の照射による結晶化の技術が知られている。また、不純物イオンの注入によって損傷した珪素膜の結晶性の回復や注入された不純物イオンの活性化のためにレーザー光を照射する技術が知られている。これらはレーザーアニール技術と称される。

【0003】 後者の技術の代表的な例として、薄膜トランジスタのソース及びドレイン領域に対するアニールの例を挙げることができる。これは、当該領域に対するリンやボロンで代表される不純物イオンの注入の後に、当該領域のアニールをレーザー光の照射で行うものである。

【0004】 このようなレーザー光の照射によるプロセスは、基板に対する熱ダメージがほとんど無いという特徴を有している。基板に対する熱ダメージの問題がない

という特徴は、処理すべき材料の制約を低減し、例えば、ガラス等の耐熱性の低い基板上に半導体素子を形成する際に有利である。特に、近年その利用範囲が拡大しているアクティブマトリクス型の液晶表示装置を作製する場合に重要となる。

【0005】 アクティブマトリクス型の液晶表示装置においては、コストの問題及び大面積化の要求から基板としてガラス基板を利用することが望まれている。ガラス基板は 600℃以上、あるいは 700℃以上というような高温での加熱処理には耐えることができない。この問題を回避する技術としては、上述の珪素膜の結晶化や不純物イオンの後のアニールをレーザー光の照射で行う技術が有効である。

【0006】 レーザー光の照射による方法においては、基板としてガラス基板を用いた場合でも、ガラス基板への熱ダメージはほとんどない。従って、ガラス基板を用いても結晶性珪素膜を用いた薄膜トランジスタを作製することができる。

【0007】 しかしながら、一般に、レーザー光はレーザー装置から発生した状態（以下、原ビーム、と言う）では、ビーム面積が小さいため、大面積に対してはレーザー光を走査することにより処理する方法が一般的であるが、この場合、処理効果の面内均一性が低い、処理に時間がかかる、等の問題を有する。特に、一般的な原ビームは、光強度分布が様でないので、そのまま用いると、処理効果の均一性の面で著しく問題がある。

【0008】 そこで、原ビームを加工して、可能な限り均一なビームとし、さらには、処理面積の形状等にあわせてビームの大きさも変更する技術が提唱されている。ビームの形状としては、方形状や線状が一般的である。かくすることにより、大面積にわたり均一なレーザーアニールを施すことができる。

【0009】 原ビームの加工をおこなうレーザー照射装置の一例を図 1 に示す。図 1 において、1 はレーザー発振器である。レーザー発振器 1 は、例えば、エキシマレーザー等が用いられる。これは、所定のガスを高周波放電によって分解し、エキシマ状態と呼ばれる励起状態を作り出すことにより、レーザー光を発振させる。

【0010】 例えば KrF エキシマレーザーは、Kr と F を原料ガスとして、高圧放電により、KrF* という励起状態を得る。この励起状態は、寿命が数 nsec ～ 数 μsec というように安定なものではないが、これに対する基底状態、KrF は、さらに不安定な状態であり、励起状態の密度の方が基底状態の密度よりも高いという逆転分布が生じる。この結果、誘導放射が発生し、比較的高効率のレーザー光を得ることができる。

【0011】 もちろん、レーザー発振器 1 は、エキシマレーザーに限らず、その他のパルスレーザー、連続レーザーでもよい。一般に高エネルギー密度を得るという目的ではパルスレーザーが適している。

【0012】レーザー発振器1から放射された原ビームは、凹レンズ2、凸レンズ3によって適当な大きさに加工される。図1では、原ビームは垂直方向に拡大される例が示されている。この段階でも、ビームの光強度は、レーザー発振器より放射された状態を保っているため、原ビームと称する。

【0013】次に原ビームは、ホモジナイザーと称される光学装置に入る。これは、多数のシリンドリカルレンズを有する少なくとも2枚のレンズ装置（多シリンドリカルレンズ、もしくは、レティンキュラレンズと言う）4、5を有する。一般には図1の挿入図に示すように、多シリンドリカルレンズ4と5は互いに直交するように配置される。

【0014】また、多シリンドリカルレンズは、1つでも、3つ以上でもよい。多シリンドリカルレンズが1つの場合は、原ビームの1つの方向の不均一性が分散される。また、多シリンドリカルレンズを同じ向きに2枚以上形成すると、シリンドリカルレンズの数を増加させたのと同じ効果を得ることもできる。

【0015】ホモジナイザーを通過することにより、原ビームはエネルギー密度の分散した均一性の高いビームを得ることができる。この原理と問題点は後述する。その後、ビームは、各種レンズ6、7、9により目的とする形状に加工され、あるいは、ミラー8によって方向が変えられ、試料に照射される。（図1）

【0016】

【発明が解決しようとする課題】次に、ホモジナイザーの原理と、問題点について述べる。この問題点こそ、本発明の解決すべき課題である。以下では、煩雑さを避けるため、1つの面における光学的な考察をおこなう。多シリンドリカルレンズを透過したレーザー光（原ビーム）は、図2（A）のようになる。

【0017】ここでは、3つのシリンドリカルレンズがあり、それぞれのシリンドリカルレンズに入射した光は、各シリンドリカルレンズで屈折する。焦点 $F_1 \sim F_3$ で収束した後、ビームは拡散する。その際、各シリンドリカルレンズを透過した光が、全て混合する部分（混合領域）が得られる。

【0018】ところで、原ビームに光強度の分布に偏りがあり、各シリンドリカルレンズに入射する光の強度がそれぞれ異なっていたとする。しかし、混合領域では、各シリンドリカルレンズを透過した光が混合されるので、その偏りは分散してしまう。すなわち、光強度の均一化が図られる。このようにして光強度の分布の少ないビームを得ることができる。（図2（A））

【0019】ところで、多シリンドリカルレンズを透過した光路に着目すると、これは、等間隔に配列した点光源 $F_1 \sim F_3$ から放射される光である。しかも、原ビームはコヒーレント光であるため、焦点、すなわち、点光源 $F_1 \sim F_3$ より発せられる光も位相のそろった光であ

る。このような光は干渉する。すなわち、照射面と点光源との距離 x と点光源間の間隔 $2a$ によって、光が打ち消す部分（節）や強め合う部分（腹）が生じる。（図2（B））

【0020】このことは、意図していたこととは逆に多シリンドリカルレンズにより、新たな光強度の不均一が発生することを意味する。点光源が2つもしくは3つといった小数の場合には、腹や節のできる部分も厳密に求めることができる。しかし、通常のホモジナイザーにおけるシリンドリカルレンズの数は5以上、典型的には10～30、であり、多数の点光源の干渉を全て考慮することは煩雑であるだけで、本質的な議論には到らないので、以下では、典型的な腹の場所における干渉を考察する。

【0021】点光源が2つの場合に、距離 x に関わらず、腹となる部分は点光源から等距離になる部分である。これを図3（A）に示す。すなわち、点光源 F_1 と F_{-1} があるとき、被照射面上の点Aにおいて、 $F_1 A = F_{-1} A$ となる。このような点Aにおいては、点光源の間隔 $2a$ や距離 x がどのような値であっても、点光源 F_1 から来る光も点光源 F_{-1} から来る光も同じ位相であるので、互いに強め合う。

【0022】次に、別の点光源 F_{-2} が存在する場合を想定し、かつ、点光源 F_{-2} から来る光が他の点光源から来る光と同位相となり、強め合う条件を考える。これは、 a および x に依存するが、光路差 $F_{-2} A - F_{-1} A$ が波長の整数倍 $n\lambda$ である場合である。すなわち、 $F_{-1} A - F_{-2} A = n\lambda$ である。

【0023】通常は、 $a \ll x$ であるので、簡単な計算から、

$$F_{-1} A - F_{-2} A = 4a^2 / x = n\lambda$$

である。点Aを通る点線に対して、点光源 F_{-2} と対称な位置にある点光源 F_2 に関しても同じ議論ができる。

【0024】次に、その他にも点光源 F_2 、 F_3 、 F_4 、 F_{-3} ...が存在する場合を考える。このとき、光路差 $F_3 A - F_2 A$ および $F_4 A - F_3 A$ は、それぞれ、

$$F_3 A - F_2 A = 2(4a^2 / x) = 2n\lambda、$$

$$F_4 A - F_3 A = 3(4a^2 / x) = 3n\lambda、$$

である。（図3（C））

【0025】より、一般的には、図7（A）に示されるように、点Aから m 番目の点光源 F_m と、 $(m+1)$ 番目の点光源 F_{m+1} において、光路差 $F_{m+1} A - F_m A$ は、

$$F_{m+1} A - F_m A = 4ma^2 / x$$

であり、また、

$$4a^2 / x = n\lambda、$$

であるので、結局、

$$F_{m+1} A - F_m A = 4ma^2 / x = mn\lambda、$$

である。

【0026】すなわち、点光源 F_2 からの光が F_1 のものと同じ位相であれば、点光源 $F_3, F_4, \dots, F_m, F_{m+1}, \dots$ (すなわち、全ての点光源) からの光も同じ位相で互いに強め合うこととなる。点光源からの光の強度は、その距離に反比例するが、以上の考察では、 $a \ll x$ であるので、各点光源と点 A との間の距離はほぼ同じであり、すなわち、全ての点光源が、ほぼ等しく強め合うという結論が得られる。各点光源からの光の強度を i とすると、点 A における光の強度 I は、点光源の数を N とすると、 $I = Ni$ となる。

【0027】次に、点光源 F_{-2} からの光が、点 A において、点光源 F_{-1} からの光を打ち消す場合を考える。これは、光路差が半波長の奇数倍の場合に実現する。すなわち、

$$F_{-1}A - F_{-2}A = 4a^2/x = (n+1/2)\lambda$$

である。(図 4 (A))

【0028】この場合には、点光源 F_1 および F_{-1} から光が、点 F_{-2} からの逆位相の光によって打ち消され、点 A における光強度 I は、 $I = 2i - i = i$ である。さらに、図 4 (B) に示すように、別の点光源 F_2 が存在した場合には、この点光源からの光も点光源 F_1 からの光とは逆位相となるので、点 A における光強度は 0 となる。(図 4 (B))

【0029】次に、点光源 F_3, F_4 について考えると、光路差 $F_3A - F_2A$ および $F_4A - F_3A$ は、それぞれ、

$$F_3A - F_2A = 2(4a^2/x) = (2n+1)\lambda, \\ F_4A - F_3A = 3(4a^2/x) = (3n+1+1/2)\lambda,$$

である。すなわち、点光源 F_3 からの光は F_2 からの光と同位相 (すなわち、 F_1 からの光と逆位相) であり、また、点光源 F_4 からの光は F_3 からの光と逆位相 (すなわち、 F_1 からの光と同位相) である。(図 4 (C))

(C)

【0030】より一般的には、点 A から m 番目の点光源 F_m と、 $(m+1)$ 番目の点光源 F_{m+1} において、光路差 $F_{m+1}A - F_mA$ は、

$$F_{m+1}A - F_mA = 4ma^2/x = m(n+1/2)\lambda,$$

である。ここで、点光源 F_m からの光の F_1 からの光に対する位相について考えてみる。

$$【0031】F_2A - F_1A = (n+1/2)\lambda$$

$$F_3A - F_2A = (2n+1)\lambda,$$

$$F_4A - F_3A = (3n+3/2)\lambda,$$

$$\dots \dots \dots F_mA - F_{m-1}A = (m-1)(n+1/2)\lambda,$$

【0032】上式の総和を取ると、

$$(左辺) = F_m - F_1,$$

$$(右辺) = [m(m-1)](n+1/2)\lambda \div 2,$$

である。

【0033】 $m=4, 5, 8, 9, \dots, 4k, 4k+1, \dots$ のときには、光路差 $F_m - F_1$ は $F_m - F_1 = k(4k-1)(2n+1)\lambda$ ($m=4k$ のとき)

もしくは、

$$F_m - F_1 = 4k^2(4n+2)\lambda \quad (m=4k+1 \text{ のとき})$$

であり、点光源 F_m からの光は F_1 からの光と同位相となる。また、その他の場合には、逆位相となる。

【0034】このように複雑ではあるが、点 A における光強度 I は、0 から $2i$ の間を上下する。いずれにしても、これは、図 3 の場合の光強度よりは十分に小さい。

【0035】同様な例は、各点光源から被照射面への垂線の足の部分、点 B にも認められる。点 B は、被照射面において、ある点光源 F_0 から最も近い点である。点光源 F_0 の両隣に別の点光源 F_1, F_{-1} がある場合を考えると、当然のことながら、

$$F_1B = F_{-1}B$$

であるので、 a, x, λ に関わらず、点 B において、点光源 F_1 からの光と F_{-1} からの光は強め合う。もし、 $F_1B - F_0B = n\lambda$ 、であれば、点 B において、点光源 F_0 からの光も F_1 からの光と同位相であるので、点 B における光強度は $I = 3i$ 、で表される。

【0036】このとき、 $2a^2/x = n\lambda$ 、である。

(図 5 (A))

一方、 $F_1B - F_0B = (n+1/2)\lambda$ 、であれば、点 B において、点光源 F_0 からの光は F_1 からの光と逆位相であるので、光は相殺し、点 B における光強度は $I = i$ 、で表される。このとき、 $2a^2/x = (n+1/2)\lambda$ 、である。(図 5 (A)) (図 6 (A))

【0037】次に、別の点光源、 $F_2, F_{-2}, F_3, F_{-3}, \dots$ がある場合を考える。図 5 (A) の条件では、

$$F_2B - F_1B = 3(2a^2/x) = 3n\lambda$$

$$F_3B - F_2B = 5(2a^2/x) = 5n\lambda$$

である。(図 5 (B))

【0038】より、一般的には、図 7 (B) に示されるように、点光源 F_0 から m 番目の点光源 F_m と、 $(m+1)$ 番目の点光源 F_{m+1} において、光路差 $F_{m+1}B - F_mB$ は、

$$F_{m+1}B - F_mB = 2(2m+1)a^2/x = (2m+1)n\lambda,$$

である。

【0039】すなわち、点光源 F_1 からの光が F_0 のものと同じ位相であれば、点光源 $F_2, F_3, \dots, F_m, F_{m+1}, \dots$ (すなわち、全ての点光源) からの光も同じ位相で互いに強め合い、点 B における光強度 I は、点光源の数を N とすると、 $I = Ni$ となる。

【0040】一方、図 6 (A) の条件では、

$$F_2 B - F_1 B = (3n + 1 + 1/2) \lambda,$$

$$F_3 B - F_2 B = (5n + 2 + 1/2) \lambda,$$

である。すなわち、点光源 F_2 からの光は F_1 からの光と逆位相（すなわち、 F_1 からの光と同位相）であり、また、点光源 F_3 からの光は F_2 からの光と逆位相（すなわち、 F_1 からの光と逆位相）である。（図 6 (B)）

【0041】より一般的には、

$$F_1 B - F_0 B = (n + 1/2) \lambda$$

$$F_2 B - F_1 B = 3(n + 1/2) \lambda,$$

$$F_3 B - F_2 B = 5(n + 1/2) \lambda,$$

$$F_m B - F_{m-1} B = (2m + 1)(n + 1/2) \lambda,$$

であり、上式の総和を取ると、

$$(\text{左辺}) = F_m - F_0,$$

$$(\text{右辺}) = [m(m+2)](n + 1/2) \lambda,$$

である。

【0042】つまり、 m が偶数 ($2k$) の場合には、光路差 $F_m - F_0$ は

$$F_m - F_0 = 2k(k+1)(2n+1)\lambda$$

であり、点光源 F_m からの光は F_0 からの光と同位相となる。また、その他の場合には、逆位相となる。

【0043】このように複雑ではあるが、点 B における光強度 I は、0 から $2i$ の間を上下する。いずれにしても、これは、図 5 の場合の光強度よりは十分に小さい。以上の例では、特異な点 A および B における複数の点光源からの干渉条件を求めた。点 A や B に相当する点は、それぞれ点光源の数（シリンダカルレンズの数）と同程度存在する。そして、 a 、 x 、 λ によって、点 A、点 B の光強度が、非常に強かったり、0 に近かったりする。

【0044】例えば、 $a = 1 \text{ mm}$ 、 $x = 1 \text{ m} = 10^3 \text{ m}$ 、 $\lambda = 0.25 \mu\text{m} = 0.25 \times 10^{-3} \text{ mm}$ とすれば、点 A の光強度は、 $x = 970 \text{ mm}$ では、図 3（強め合う）のケース、 $x = 985 \text{ mm}$ では、図 4（打ち消し合う）のケース、 $x = 1000 \text{ mm}$ では図 3 のケースと、ように、シリンダカルレンズから被照射面までの距離が 15 mm 変動する度に、干渉条件が急激に変化する。

【0045】点 B においては、その半分の周期 (7.5 mm) で強度が変動する。なお、図 5 の条件、 $2a^2/x = n\lambda$ 、を満たすということは、同時に、図 3 の条件をも満たすことであり、点 A、点 B とも腹となる。しかし、逆は真でない。

【0046】さらに、図 6 の条件、 $2a^2/x = (n + 1/2)\lambda$ 、を満たすということも、図 3 の条件を満たすことと同値であり、この場合は、点 A が腹、点 B が節となる。この場合も、逆は真でない。

【0047】このように、点 A や点 B は、節となったり、腹となったりする。今、適当な条件が満たされて、

被照射面に腹が現れるとする。図 1 に示されるようにシリンダカルレンズが直交している場合には、腹が交差する部分はより強め合い、図 8 (A) に示すように規則正しい点状の腹（光強度の強い部分）が現れる。（図 8 (A)）

条件によって、上記の点状の腹の広がりには変化し、また、場合によっては、上記の点状の腹の一部もしくは全部は、点状の節になることもある。

【0048】ビームを線状に成形する、すなわち、ビームの移動方向（走査方向）に圧縮（縮小）し、移動方向に垂直な方向を拡大すると、図 8 (B) のようになる。腹の部分は光強度が必要以上に強くなる。逆に節の部分では光強度が 0 に近くなる。このような部分は、いずれにせよ、アニール処理において欠陥の原因となる。特に、光強度の変化が急激であれば、深刻な問題である。（図 8 (B)）

【0049】このようなビームを用いて、レーザーアニール処理をおこなうと、2 つの問題点が生じる。第 1 は、ビームスポットの重なりによる不均一性である。これは、ビームを移動しつつレーザーを照射する際に、最初のビーム（図 8 (C) のビームスポット 1）の一部に重ねて次のビーム（ビームスポット 2）を照射することにより生じる。現実問題としては、ビームを重ねずに照射することは不可能である。しかしながら、エネルギー密度や照射するパルス数を最適化することにより、その影響を十分に低減することは可能である。

【0050】これに対し、上記の原理によりもたらされる干渉によるビームの不均一性の問題はより深刻である。図 8 (C) に示すように、干渉によるビームの不均一性に起因する欠陥は、1 つのビームスポットにおいて、点状に発生する。しかも、ビームスポット 1 に形成される欠陥 1 とビームスポット 2 に形成される欠陥 2 は、線状に並ぶ。これは、ビームの移動方向と、多シリンダカルレンズの少なくとも 1 つの方向とが平行であることに由来する。また、線状ビームにおいては、ビームの長尺方向と、多シリンダカルレンズの少なくとも 1 つの方向とが垂直であることに由来する。（図 8 (C)）

【0051】ここで、多シリンダカルレンズの方向とは、入射した光が焦点において形成する直線のことである。すなわち、図 2 の多シリンダカルレンズの方向は、紙面に垂直な方向である。また、ビームの移動方向とは、単なる空間的な移動方向ではなく、より、上位の概念である。というのも、通常のレーザーアニール装置においては、ホモジナイザーからレーザーの照射面に至るまでに何度かミラーにより光路が変更されることがあるからである。

【0052】かくして、従来のレーザーアニール装置により基板を処理すると、図 8 (D) に示すように、ビームの移動方向に垂直な欠陥と、ビームの移動方向に平行

な欠陥が生じる。前者はビームの重なりによる線状欠陥であり、後者は干渉による強度不均一による欠陥である。(図8(D))

【0053】このように縦横に広がる欠陥は、特にマトリクス状の素子(例えば、アクティブマトリクス回路やメモリー回路)においては致命的である。というのも、1列にわたって欠陥が生じ、目立ってしまうからである。これは、駆動回路も基板上に設けている場合に、特に深刻な不良である。

【0054】

【課題を解決するための手段】本発明は上記の問題点を鑑みてなされたものである。本発明の第1は、ビームの移動方向を、いずれの多シリンダリカルレンズ方向とも平行にしないことを特徴とする。本発明の第2は、線状ビームにおいて、ビームの長尺方向は、いずれの多シリンダリカルレンズの方向とも垂直にしないことを特徴とする。

【0055】本発明の概念を図9を用いて説明する。例えば、図1に示されるような2つの多シリンダリカルレンズ4、5を有するホモジナイザーにおいて考える。従来、多シリンダリカルレンズ4の方向は、図9(B)に示されるようにビームの移動方向に垂直である。一方、多シリンダリカルレンズ5の方向は、ビームの移動方向に平行である。(両矢印は、多シリンダリカルレンズの方向を示す)(図9(B))

【0056】このような構成においてもたらされる問題点については、上述した通りである。これに対し、本発明は、例えば、多シリンダリカルレンズ4は、従来と同じ方向に配置としても、多シリンダリカルレンズ5は、ビームの移動方向とは平行にならないように傾かせる。このため、いずれの多シリンダリカルレンズの方向もビームの移動方向とは平行でない、という本発明の要件を満たす。(図9(A))

【0057】このような構成のホモジナイザーでは、干渉による不均一に起因する点状の欠陥(欠陥1および欠陥2)は図9(C)に示すように、ビームの移動方向に対して斜めに現れる。そして、欠陥1と欠陥2が一般的には同一直線上に形成される必然性がないので、結果として線状の欠陥とはならない。(図9(C))

【0058】ここで、注意すべきことは、特殊な場合には、欠陥1と欠陥2が直線上に形成される場合である。点状の欠陥の現れる直線を、図9(D)のように書いたとき、その直線の上端と、任意の他の直線の下端との距離dが0となる場合である。その場合には、点状の欠陥が斜めに並ぶこととなる。(図9(D))

【0059】これは、隣接する直線の間だけではなく、他の直線の間においても問題であり、例えば、図9

(E)のような場合でもdが0となることは避けねばならない。(図9(E))

しかしながら、特にマトリクスにおいては、斜めの直線

上の点状欠陥であれば、マトリクスの配置方向と平行でないので、明らかな線状欠陥となるケースは少ない。

【0060】上記の議論は、『ビームの移動方向』を『(線状ビームの場合の)長尺方向に垂直な方向(あるいは、短尺方向)』と読み替えても全く同じである。また、多シリンダリカルレンズ4は、ビームの移動方向に垂直である必要はなく、ビームの移動方向に平行でないという条件であればよい。すなわち、従来のホモジナイザーと同様に、互いに直交する2つの多シリンダリカルレンズを有するホモジナイザーにおいて、そのレーザーの光軸に対して、角度をずらすことによって本発明の構成となり、本発明の効果をを得ることができる。

【0061】

【実施例】

【実施例1】本実施例の光学系について説明する。本実施例のレーザー照射装置の基本構成は図1と同様であるが、ホモジナイザー中の多シリンダリカルレンズの光軸に対する角度が変更されている。ホモジナイザー入射前の原ビームの形状は、6cm×5cmである。以下では、特にホモジナイザーについて説明する。

【0062】本実施例に示す構成においては、多シリンダリカルレンズ5は12個のシリンダリカルレンズ(幅5mm)で構成し、入射するレーザー光をおよそ10分割するものとしている。本実施例においては、最終的に照射される線状のレーザー光の長手方向の長さは12cmである。また、多シリンダリカルレンズ5の方向は、ビームの移動方向に対して、45°とする。一方、多シリンダリカルレンズ4の方向はビームの移動方向に平行とする。(図9(A)参照)

【0063】その後、ホモジナイザーからのビームは光学系により、ビームの移動方向に平行な方向は、0.2cm、すなわち、1/25に縮小され、ビームの移動方向に垂直な方向は、12cm、すなわち、2倍に拡大される。すなわち、線状のビームが得られる。

【0064】【実施例2】図10に本実施例の概略の構成を示す。

【0065】本実施例においては、図示しないレーザー発振器から出力される矩形形状のレーザー光801を多シリンダリカルレンズ802、803、シリンダリカルレンズ804、805、ミラー806、シリンダリカルレンズ807を介し、被照射面に線状のレーザー光として照射する。

【0066】図10に示す構成が特徴とするのは、2つの多シリンダリカルレンズ802と803とをビームの走査方向、及びビームの長尺方向(長手方向)に対して45°傾けた配置としたことを特徴とする。

【0067】ここでは、2つの多シリンダリカルレンズを配置する例を示すが、さらに多数の多シリンダリカルレンズを配置する構造としてよい。

【0068】

【発明の効果】本明細書で開示する発明を利用することにより、半導体装置の作製等に利用されるレーザープロセスにおいて、大面積に渡り均一なアニールを施すことができる技術を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 レーザー照射装置の光学系の概略を示す図。

【図 2】 多シリンドリカルレンズの光路と干渉を示す概略図。

【図 3】 複数の点光源からのコヒーレント光による干渉条件を示す図。

【図 4】 複数の点光源からのコヒーレント光による干渉条件を示す図。

【図 5】 複数の点光源からのコヒーレント光による干渉条件を示す図。

【図 6】 複数の点光源からのコヒーレント光による干渉条件を示す図。

【図 7】 複数の点光源からの光路差の計算式等を示す

図。

【図 8】 従来のビームによる欠陥の発生要因・状況等を示す図。

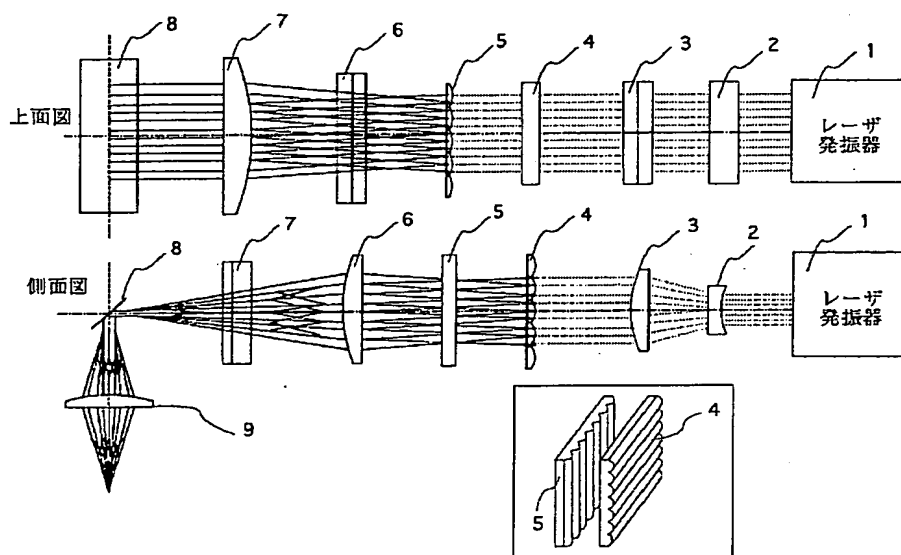
【図 9】 本発明および従来の多シリンドリカルレンズの構成と欠陥の状況等を示す図。

【図 10】 レーザー照射装置の光学系の概略を示す図。

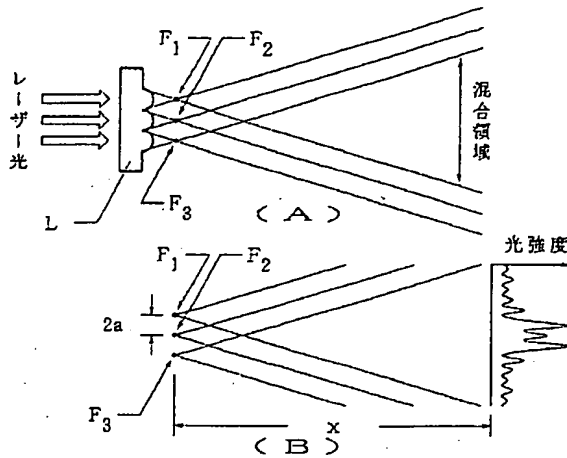
【符号の説明】

- | | |
|---|-------------|
| 1 | レーザー発振器 |
| 2 | レンズ |
| 3 | レンズ |
| 4 | 多シリンドリカルレンズ |
| 5 | 多シリンドリカルレンズ |
| 6 | レンズ |
| 7 | レンズ |
| 8 | ミラー |
| 9 | レンズ |

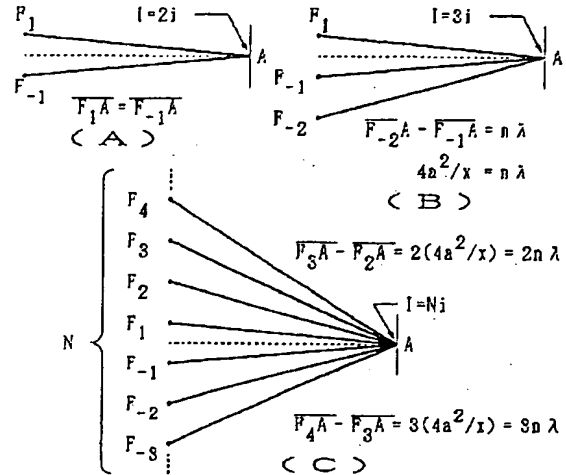
【図 1】



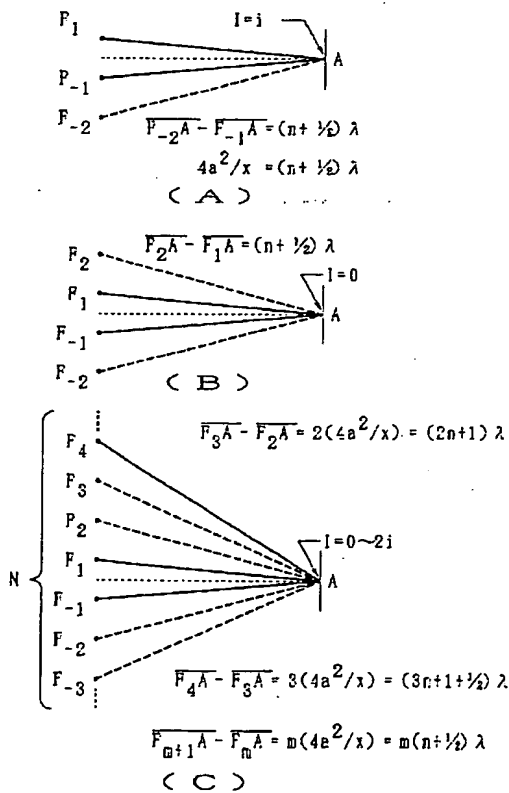
【図 2】



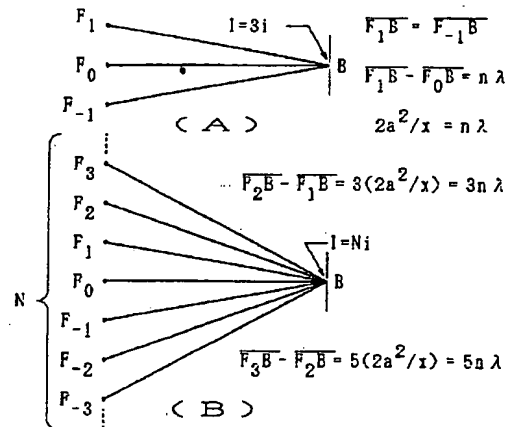
【図 3】



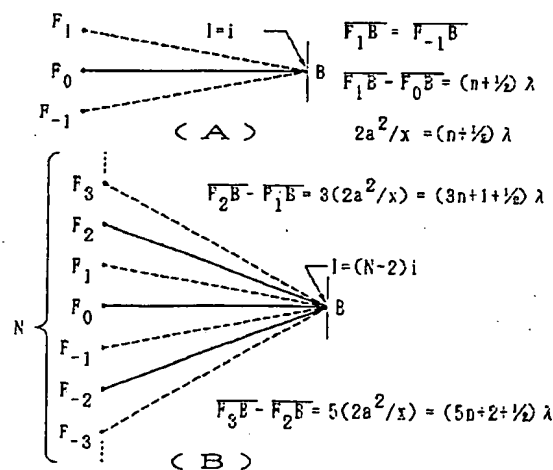
【図 4】



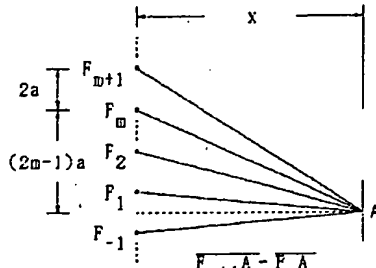
【図 5】



【図 6】

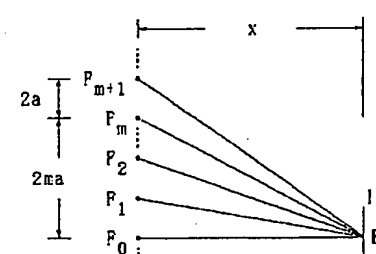


【図 7】



(A)

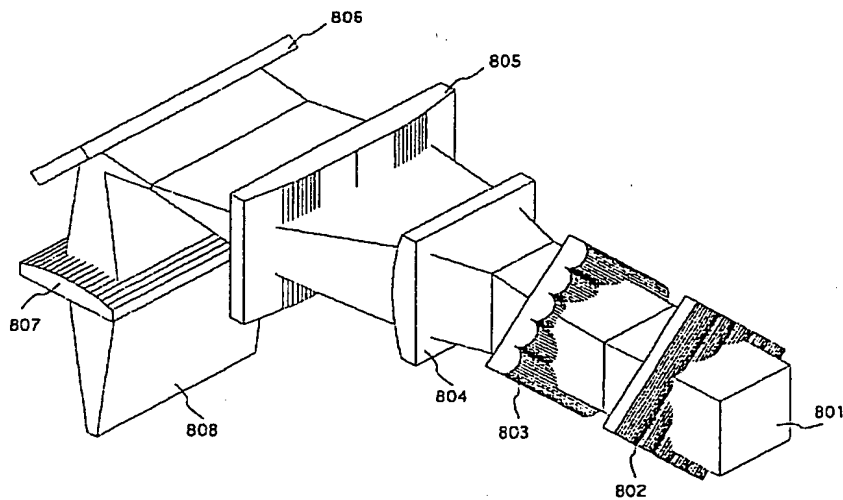
$$\begin{aligned}
 & \overline{F_{m+1}A} - \overline{F_mA} \\
 &= \sqrt{x^2 + (2m+1)^2 a^2} - \sqrt{x^2 + (2m-1)^2 a^2} \\
 &= x \left\{ 1 + \frac{(2m+1)^2 a^2}{2x^2} \right\} - x \left\{ 1 + \frac{(2m-1)^2 a^2}{2x^2} \right\} \\
 &= 4ma^2/x \quad (\text{ただし } 2ma \ll x)
 \end{aligned}$$



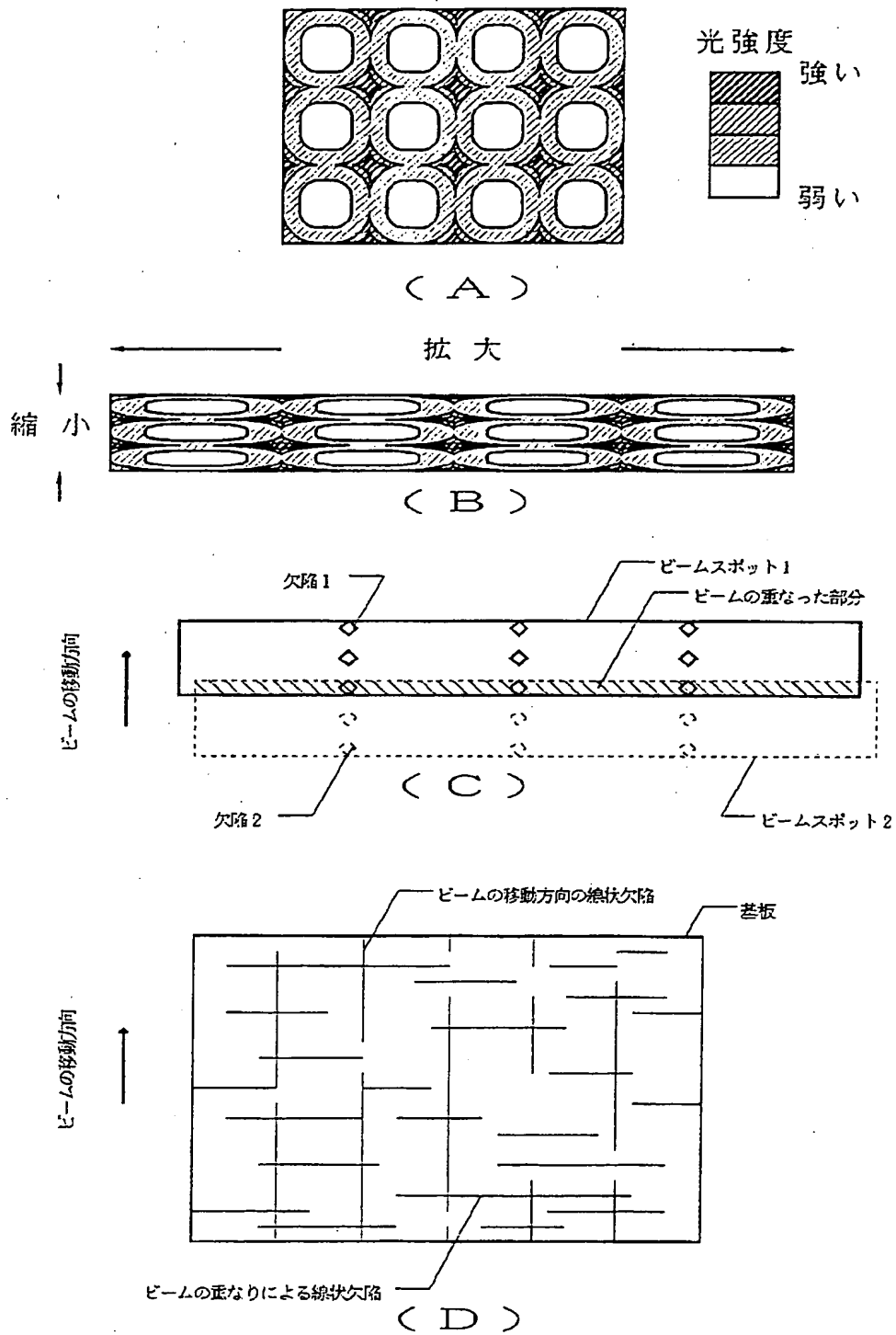
(B)

$$\begin{aligned}
 & \overline{F_{m+1}B} - \overline{F_mB} \\
 &= \sqrt{x^2 + 4(m+1)^2 a^2} - \sqrt{x^2 + 4m^2 a^2} \\
 &= x \left\{ 1 + \frac{2(m+1)^2 a^2}{x^2} \right\} - x \left\{ 1 + \frac{2m^2 a^2}{x^2} \right\} \\
 &= 2(2m+1)a^2/x \quad (\text{ただし } 2ma \ll x)
 \end{aligned}$$

【図 10】



【図 8】



【図9】

